

Japanese Unexamined Patent Publication No. 7-27943
(published on January 31, 1995)

Title of the Invention

FABRY-PEROT ETALON

ABSTRACT

[Object] To provide a temperature compensating apparatus to a Fabry-Perot etalon.

[Constitution]

A Fabry-Perot etalon according to the present invention comprises optical fibers 25, 26 and an air gap 39. A temperature compensating apparatus according to the present invention adjusts the length of an air gap so as to cancel a change due to a change of environmental temperature of an optical fiber. With one embodiment of the present invention, the temperature compensating apparatus of the present invention constitutes a part of rotary type connector capillaries 31, 32 in which an optical fiber is embedded. The length of each capillary is maintained accurately by a space sleeve 35. In a second embodiment of the present invention, a passive type temperature compensating apparatus is a slab of Fabry-Perot etalon. The Fabry-Perot etalon can be previously set to a desired wavelength by a passive type synchronizing means of the present invention.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-27943

(43) 公開日 平成7年(1995)1月31日

(51) IntCl ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/26		9317-2K		
G 0 1 J 3/26				
G 0 2 B 5/28		8507-2K		
6/24		7139-2K		
H 0 1 S 3/105		8934-4M		

審査請求 未請求 請求項の数11 FD (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-159669

(22) 出願日 平成6年(1994)6月20日

(31) 優先権主張番号 080458

(32) 優先日 1993年6月21日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390035493

エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション

AT&T CORP.

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨーク
ニューヨーク アヴェニュー オブ
ジ アメリカズ 32

(72) 発明者 ジュリアン ストーン

アメリカ合衆国 07760 ニュージャージー
ー ルンソン、ケンブ アヴェニュー、19

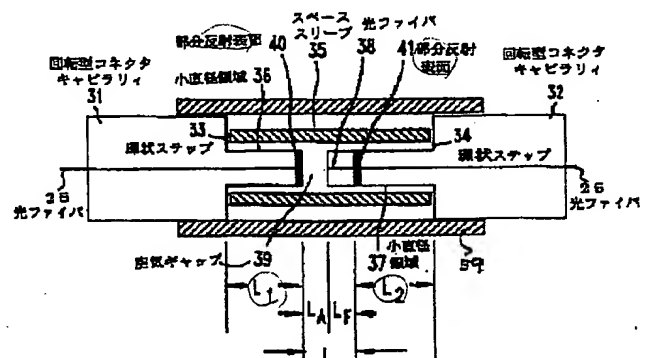
(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

(54) 【発明の名称】 ファブリペローエタロン

(57) 【要約】

【目的】 ファブリペローエタロンに温度補償装置を提供すること。

【構成】 本発明のファブリペローエタロンは、光ファイバ25、26と空気ギャップ39とを有する。本発明の温度補償装置は光ファイバの周囲温度の変化による変化をキャンセルするように空気ギャップの長さを調整する。本発明の一実施例によれば、本発明の温度補償装置は、光ファイバが埋設される回転型コネクタキャピラリイ31、32の一部である。このキャピラリイの長さは、スペーススリーブ35によって正確に維持される。本発明の第二の実施例においては、受動型の温度補償装置は、ファブリペローエタロンのスラブである。本発明の受動型同調手段によりファブリペローエタロンを所望の波長にあらかじめ設定できる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一对の部分反射表面 (40、41) との間に はさまれて配置された固体材料領域と空気ギャップ (39) と、

前記エタロンを同調する受動手段と、

温度変化にตอบสนองして前記空気ギャップ (39) の光学長を変化させる受動型補償手段と、からなることを特徴とするファブリペローエタロン。

【請求項 2】 前記固体材料領域は、光ファイバの一部 (38) であることを特徴とする請求項 1 のファブリペローエタロン。

【請求項 3】 前記固体材料領域は、スラブ (65) であることを特徴とする請求項 1 のファブリペローエタロン。

【請求項 4】 前記固体材料領域は、回転型コネクタキャピラリイ (31、32) 内に配置された光ファイバ (25、26) であり前記受動型補償手段は、回転型コネクタキャピラリイ (31、32) の一部に埋め込まれ前記エタロンに結合された入力光ファイバ領域 (36) と出力光ファイバ領域 (37) とを有し前記エタロンに対し回転型コネクタキャピラリイの端部 (36、37) を固定位置に保持するスペーススリーブ (35) をさらに有することを特徴とする請求項 1 のファブリペローエタロン。

【請求項 5】 一对の部分反射表面 (40、41) の間に配置され、回転型キャピラリイチューブ内に配置された所定長の光ファイバ (38) と空気ギャップ (39) と、

前記部分反射表面の一つ (41) は、前記空気ギャップから離れて配置された前記所定長の光ファイバ (38) の端部と、第 2 の光ファイバ (26) の端部との間に配置され、

前記一对の部分反射表面の他方 (40) は、前記空気ギャップに隣接して配置される第 3 の光ファイバの端部 (25) と前記所定長の光ファイバ (38) の他の端部に対抗して配置され前記第 2 の光ファイバ (26) と第 3 の光ファイバ (25) は、コネクタキャピラリイチューブ内 (31、32) に配置され、

そのコネクタキャピラリイチューブの直径は、前記エタロン (38、39) に隣接する第 1 の値から前記エタロンから離れたより大きな第 2 の値まで急速に増加して一对の環状ステップ (33、34) を形成し前記一对の環状ステップ (33、34) の間で前記エタロン (38、39) に沿って配置された環状スペーススリーブ (35) を更に有することを特徴とするファブリペローエタロン。

【請求項 6】 前記の一つの部分反射表面 (40) とその最も近い環状ステップ (33) との間の距離が L_1 で、前記第 2 の部分反射表面 (41) と最も近い環状ステップ (34) との間の距離が L_2 で、

2

これらの距離 L_1 、 L_2 は、所定の動作周波数で周囲温度の関数としてエタロンの光学長の変化を最小にするよう選択されることを特徴とする請求項 5 のファブリペローエタロン。

【請求項 7】 第 1 の開口と第 2 の開口とを有し、その開口内に前記第 2 の光ファイバと第 3 の光ファイバとを有する前記コネクタキャピラリイ (51、52) を収納する U 字型組立ブラケット (50) を有し前記第 1 の開口と第 2 の開口は前記コネクタキャピラリイ (51、52) が軸方向に移動できる程度の大きさで前記コネクタキャピラリイ (51、52) は、前記開口と前記エタロンとの間に配置された肩部 (53、54) を有し前記開口と前記肩部との間に配置されたスプリング (55、56) とを更に有し、

前記スペーススリーブ (57) が前記環状ステップ (33、34) に接触することを特徴とする請求項 6 のファブリペローエタロン。

【請求項 8】 前記コネクタキャピラリイ (51、52) との間に延在して全ての光ファイバを整合する整合スリーブ (59) と前記エタロンを同調するために整合スリーブ (59) の側面を圧縮する手段 (58) とを更に有することを特徴とする請求項 7 のファブリペローエタロン。

【請求項 9】 前記固体材料は、スラブ (65) で前記補償器は、スラブ (68) で前記空気ギャップは、前記エタロンのスラブ (65) と前記部分反射面 (69) との間に形成されることを特徴とする請求項 1 のファブリペローエタロン。

【請求項 10】 前記第 1 の部分反射表面 (67) は、前記エタロンのスラブ (65) の一側面に沿って配置され前記第 2 の部分反射表面 (69) は、前記補償器 (68) の一側面に沿って配置され前記補償器の一側面は前記空気ギャップに隣接し前記スラブの間に前記空気ギャップを保持する柔軟性のある手段 (70、71) と前記スラブを互いの方向に強制的に移動させるクランプ手段 (72、73) を更に有することを特徴とする請求項 9 のファブリペローエタロン。

【請求項 11】 光の伝搬方向に対し前記部分反射表面の面を傾斜させる手段 (58) を更に有することを特徴とする請求項 10 のファブリペローエタロン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ファブリペローエタロンを同調する受動型装置に関し、特に周囲温度の変化に影響されずに共鳴波長を形成する装置に関する。

【0002】

【従来技術の説明】 波長分割多重化システムにおいては、異なる波長チャネルを分離することのできるフィルタが必要である。このようなフィルタは異なる場所に配置されてチャネル衝突を回避し、システムの透明性を維

持するために波長基準が必要である。特に、このようなフィルタは周囲の温度が変化しても、あらかじめ設定された周波数を維持することができなければならない。従来のファブリペローエタロンは、周囲の温度変化に影響を受けやすいという不利な点があった。この為に、フィルタは周囲温度に影響を受けないように、一定の温度に制御した部屋等に配置されている。あるいは、この温度変化の影響を受けないようなファブリペローエタロンはその物理的構成によってのみ温度変動を回避しようとするものである。

【0003】米国特許4,861,136号においては、ここに開示されたエタロンは、導波路部分と非導波路(空気ギャップ)部分とを有する。この種のエタロンは、空気ギャップの長さを変えることにより容易に周波数に同調できるという利点がある。しかし、キャビティの光学長は、温度変動と共に変化し、それによりフィルタが離調する傾向にある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、ファブリペローエタロンにおいて受動型の温度補償装置を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明のファブリペローエタロンは、光ファイバと空気ギャップとを有する。本発明の温度補償装置は、光ファイバの周囲温度の変化による変化をキャンセルするように空気ギャップ39の長さを調整する。本発明の一実施例によれば、本発明の温度補償装置は、光ファイバが埋設される回転型コネクタキャピラリイの一部36,37である。このキャピラリイの長さは、スペーススリーブによって正確に維持される。

【0006】本発明の第二の実施例においては、受動型の温度補償装置は、ファブリペローエタロンのスラブである。本発明の受動型同調手段に、よりファブリペローエタロンを所望の波長にあらかじめ設定できる。

【0007】

【実施例の説明】従来のファブリペローエタロンを示す図1において、光ファイバファブリペローエタロン10は、一対の部分反射表面12と部分反射表面13の間に配置された光ファイバ11を有する。入力光ファイバ14と出力光ファイバ15が光信号をエタロン内にいれたりエタロンから取り出したりする。

【0008】全ての光ファイバは、回転型コネクタキャピラリイ16,17,18内に埋設されている。ここに開示した全体構造が分離型整合スリーブ19の手段により整合するよう維持されている。

【0009】このファブリペローエタロンの温度の感受性は、周囲温度Tにおけるエタロンの光学長nLに依存して、以下の式で与えられる。

【数1】

$$\frac{\partial(nL)}{\partial T} = (n\alpha + \frac{\partial n}{\partial T})L$$

ここで、nは光ファイバのコアの屈折率、 $\delta n / \delta T$ は屈折率の温度係数、 α は光ファイバの熱膨張率、Lは光ファイバの実際の長さである。

【0010】シリカ系光ファイバにおいては、近似値として、

$$n = 1.46$$

$$\delta n / \delta T = 1.0 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$$

$$\alpha = 0.5 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$$

この結果、ある長さのエタロンに対し、1.4GHz C⁻¹の1.5μmの波長において、エタロンの共鳴周波数の温度依存性が分かる。この固有の温度感受性に加えて、キャビティを同調するためにはキャビティの光学長を変化させるある種の機構が必要である。

【0011】ピエゾ電子素子を用いた同調装置は、1987年7月16日刊行のElectronic Letters第23巻15章781~783ページの「Pigtailed High-Finesse Tunable Fibre Fabry-Perot Interferometers With Large, Medium And Small Free Spectral Ranges」J. Stone / L. W. Stulz共著に開示されている。この同調装置における問題点はピエゾ電子素子そのものは温度感受性があり、さらに問題が複雑となる。

【0012】図2は従来の構成であり同調を容易にするために図1を変更したものである。この従来構造を開示する米国特許4,861,136号においては、このファブリペローエタロンは、光ファイバの部分と非導波路部分(すなわちギャップ)とを有する。同図においてエタロンのキャビティは、部分反射表面21と部分反射表面22により挟まれた領域20を有する。この領域20は光ファイバ23と空気ギャップ24とを有する。この光ファイバへの信号の結合は、光ファイバ25と光ファイバ26とにより行われる。

【0013】図1と同様に全ての光ファイバは回転型コネクタキャピラリイ27,28,29内に埋設されて、全体の構造は分離型整合スリーブ30の手段により整合位置になるよう保持されている。

【0014】図2のエタロンは、空気ギャップ24の長さを変えることにより容易に同調可能であるが、光ファイバ23、回転型コネクタキャピラリイ27,28の温度感受性によりすぐに離調する。たとえば、温度が増加すると、回転型コネクタキャピラリイ29内の光ファイバ23の長さも増加し、これにより空気ギャップ24の長さが減少する。同時に、回転型コネクタキャピラリイ27と回転型コネクタキャピラリイ28も増加して空気ギャップ24の長さを減少させる。

【0015】しかし、このキャピラリイの長さの変化は予測できないものであり、そのキャピラリイは空気ギャップに対し、その長さ方向に沿ってどの点でも固定され

(4)

5

ていない。それゆえに、このキャピラリイは何れの方向にも自由に動けることになる。したがって、この図2に示した構成の温度感受性もまた予測できない。

【0016】図3は、本発明による受動型の周囲温度に左右されないファブリペローエタロンを図示する。ここで、受動型とは、外部からの印加電圧又は電流を利用しないような手段を意味する。基本的に、本発明の構成は、温度変化によるエタロンの光学長のいかなる変化も、他の部分のガラスの熱膨張により補償される。この補償を行うために図2に図示した従来のエタロンの回転型コネクタキャピラリイ27、28は、その一部が縮小して小直径の領域、すなわち、環状ステップ33を形成し、スペーススリーブ35がこの環状ステップ33のコーナーの間に配置されて、2個のキャピラリイの位置とエタロン(38、39)と相対的位置を固定する。図3において、回転型コネクタキャピラリイ31と回転型コネクタキャピラリイ32は、環状ステップ33と環状ステップ34とをそれぞれ有する。スペーススリーブ35が環状ステップ33と環状ステップ34に接触してその間に配置される。回転型コネクタキャピラリイ31と回転型コネクタキャピラリイ32の小直径領域36と小直径領域37の位置をエタロンに対し固定している。以下に説明するように、この構成によりエタロンの温度補償

$$\frac{\partial(OL)}{\partial T} = \left[(n-1)\alpha_F + \frac{\partial n}{\partial T} \right] L_F + \alpha_L L_1 - \alpha_G(L_1 + L_2)$$

ここで、 α_F は光ファイバの膨張係数、 α_L はスペーススリーブの膨張係数、 α_G はキャピラリイの膨張係数をあらわす。

【0019】温度による共鳴波長の変化は、図式で与えられる。

【数5】

$$\frac{\partial \lambda}{\partial T} = \frac{\partial(OL)}{\partial T} \cdot \frac{\lambda}{L_F}$$

ここで、 λ は波長である。

【0020】式(4)においては、正の係数と負の係数との両方を含む。それゆえに式(4)が0になる場合は、 α_L が、あまり大きくなく温度変化にともなうエタロンの光学長の正味の変化がないようにパラメータ間の関係を決定することである。

【0021】図4は、スペーススリーブと補償器との間に所望の接点を維持し、このエタロンを所望の波長にあらかじめ同調するような受動型同調機構を表している。この実施例においては、同調装置は、回転型コネクタキャピラリイ51、回転型コネクタキャピラリイ52とスライド接触する組立ブラケット50を有する。この回転型コネクタキャピラリイ51、回転型コネクタキャピラリイ52はそれぞれ肩部53、54を有する。スプリング55、56が、組立ブラケット50のアーム部と肩部

6

装置が形成される。エタロンは、光ファイバ38により提供される導波部分と空気ギャップ39により提供される非導波部分とを有する。部分反射表面40と部分反射表面41がキャビティの実際長 L を規定する。このエタロンのキャビティの光学長 OL は以下の式で表される。

【数2】

$$OL = nL_F + L_A$$

ここで、 L_F は光ファイバの長さ、 L_A は空気ギャップの長さで、 n は光ファイバの屈折率をあらわす。

【0017】スペーススリーブ L_x の長さは図式で表される。

【数3】

$$L_x = L_1 + L_2 + L_F + L_A$$

ここで、 L_1 はキャピラリイの小直径領域36の長さを、 L_2 はキャピラリイの小直径領域37の長さをあらわす。

【0018】周囲温度が上昇すると、光ファイバの実際の長さも増加して、空気ギャップの長さが減少する。さらに、光ファイバの屈折率も変化する。同時に、スペーススリーブ35の長さも、小直径領域36と小直径領域37が増加することにより増加する。エタロンの光学長における正味変化は図式で与えられる。

【数4】

53、54との間に配置されて、回転型コネクタキャピラリイ51、52がスペーススリーブ57の方に向いて力を加えられる。同調は、整合スリーブ59を押すようにねじ58により行われる。これは、エタロンミラーの傾斜に影響を与え、その結果、キャビティの光学長を変化させる。これは図4の面に直交するスライド接触の点における軸の周囲に、回転型コネクタキャピラリイ51と回転型コネクタキャピラリイ52を回転させることにより行われる。自由スペクトル範囲をカバーするために必要な空気ギャップ60の長さの変化は、光学波長のわずかな半分なので回転型コネクタキャピラリイ51、回転型コネクタキャピラリイ52のわずかな回転が必要なだけである。それゆえに、ミラーの傾斜に起因する劣化は無視できる。

【0022】同調と温度補償の両方が受動要素で可能であると、エタロンは工場であらかじめ設定でき、実際の現場に据え付けるときにはそれ以上の調整が不要である。

【0023】図5に置いて、キャビティ領域はシリカのような透明材料性のスラブ65とこのスラブ65と第2スラブ68との間に形成された空気ギャップとを有する。この第2スラブ68は温度補償器である。スラブ65の部分反射表面67と第2スラブ68の部分反射表面69が共鳴キャビティを規定する。

7

【0024】スラブ65と第2スラブ68との間の空気ギャップは、スプリング70、71の手段により維持される。全体の構成を更にクランプ手段72、73で保持する。

【0025】光ファイバエタロンの場合温度が上昇するとスラブ65は、伸びてその屈折率 n は増加する。この変化はキャピティの光学長を増加させる。しかし、同時にスラブ65、第2スラブ68の大きさが大きくなると空気ギャップの幅が減少する。その結果、キャピティの光学長も減少する。この構成はスラブによる増加分がある程度補償するが、完全に補償するには十分ではない。完全な補償は、温度が増加すると共にその大きさが増加する補償機能を有する第2スラブ68により行われる。一端がクランプされているために補償器である第2スラブ68は内側に延びて空気ギャップの幅を減少させる。この材料と長さを適当に選択することにより周波数の関数としてキャピティの共鳴周波数の正味の変化を特定の波長でゼロに減少できる。

【0026】このエタロンを同調するために全体構成を回転させてキャピティミラーを光の方向に対し直交しないようにする。かくして、同調と熱的補償が上記に説明した構成により得られる。また、図5の構成の変形例として、クランプ手段72とクランプ手段73をスラブ65とねじ58に接着しても良い。あるいは、第2スラブ68とクランプ手段72とクランプ手段73をネジでとめてネジによりその位置を調整することもできる。

【0027】

【発明の効果】以上述べたように本発明の構成は同調と温度補償をキャピタリイの回転及びその熱膨張率を適当に選択することにより周囲温度に左右されないファブリペローエタロンを形成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の光ファイバを有するファブリペローエタロンの構成図。

【図2】光ファイバと空気ギャップとを有する従来のファブリペローエタロンを示す構成図。

【図3】受動型補償器とスペーススリーブとを含む本発明の周囲温度に影響されないファブリペローファイバエタロンを示す構成図。

【図4】スペーススリーブと補償器との間に所望の接点

8

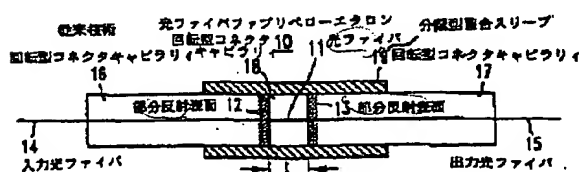
を維持し、エタロンを所望の波長に予め同調させる手段とを提供する装置を示す構成図。

【図5】本発明の受動温度補償型のファブリペローエタロンを示す構成図。

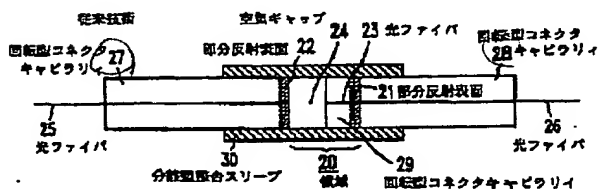
【符号の説明】

- 10 光ファイバファブリペローエタロン
- 11 光ファイバ
- 12・13 部分反射表面
- 14 入力光ファイバ
- 15 出力光ファイバ
- 16・17・18 回転型コネクタキャピタリイ
- 19 分離型整合スリーブ
- 20 領域
- 21・22 部分反射表面
- 23 光ファイバ
- 24 空気ギャップ
- 25・26 光ファイバ
- 27・28・29 回転型コネクタキャピタリイ
- 30 分離型整合スリーブ
- 31・32 回転型コネクタキャピタリイ
- 33・34 環状ステップ
- 35 スペーススリーブ
- 36・37 小直径領域
- 38 光ファイバ
- 39 空気ギャップ
- 40・41 部分反射表面
- 50 組立ブラケット
- 51・52 回転型コネクタキャピタリイ
- 53・54 肩部
- 55・56 スプリング
- 57 スペーススリーブ
- 58 ねじ
- 59 整合スリーブ
- 60 空気ギャップ
- 65 スラブ
- 67・69 部分反射表面
- 68 第2スラブ
- 70・71 スプリング
- 72・73 クランプ手段

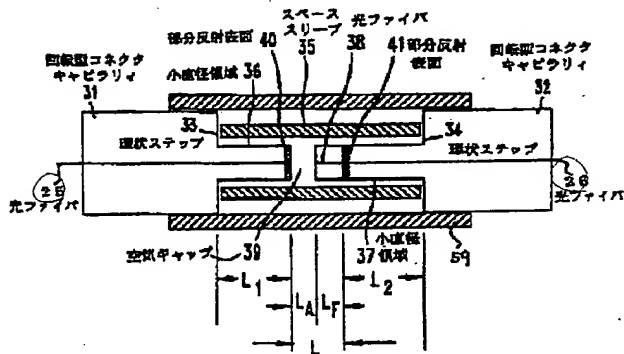
【図1】



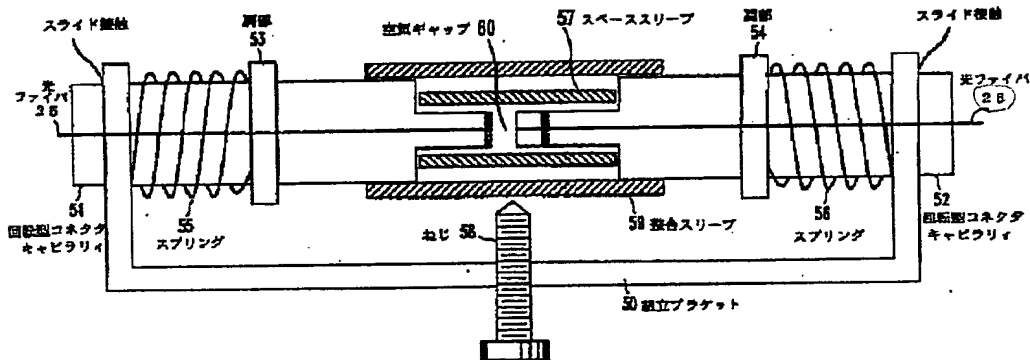
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

